

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Patentschrift**  
(11) **DE 3607400 C2**

(51) Int. Cl. 4:  
**F02D 41/14**  
F 02 D 41/06  
F 02 D 41/26  
G 01 N 27/50

(21) Aktenzeichen: P 36 07 400.4-13  
(22) Anmeldetag: 6. 3. 86  
(43) Offenlegungstag: 11. 9. 86  
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 9. 6. 88

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)  
07.03.85 JP P 60-45965

(73) Patentinhaber:  
Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP

(74) Vertreter:  
Grünecker, A., Dipl.-Ing.; Kinkeldey, H., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Stockmair, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Ae.E. Cal  
Tech; Schumann, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Jakob,  
P., Dipl.-Ing.; Bezold, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Meister, W., Dipl.-Ing.; Hilgers, H., Dipl.-Ing.;  
Meyer-Plath, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Kinkeldey, U.,  
Dipl.-Biol. Dr.rer.nat.; Bott-Bodenhausen, M.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

(72) Erfinder:  
Nakagawa, Toyoaki, Yokohama, JP; Kai, Shisei,  
Yokosuka, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 35 15 588 A1  
DE 33 19 432 A1  
US 43 99 792

(54) Regelsystem zur Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses bei einem Verbrennungsmotor

DE 3607400 C2

DE 3607400 C2

Best Available Copy

ZEICHNUNGEN BLATT 1

Nummer: 36 07 400  
Int. Cl. 4: F 02 D 41/14  
Veröffentlichungstag: 9. Juni 1988

FIG. 1

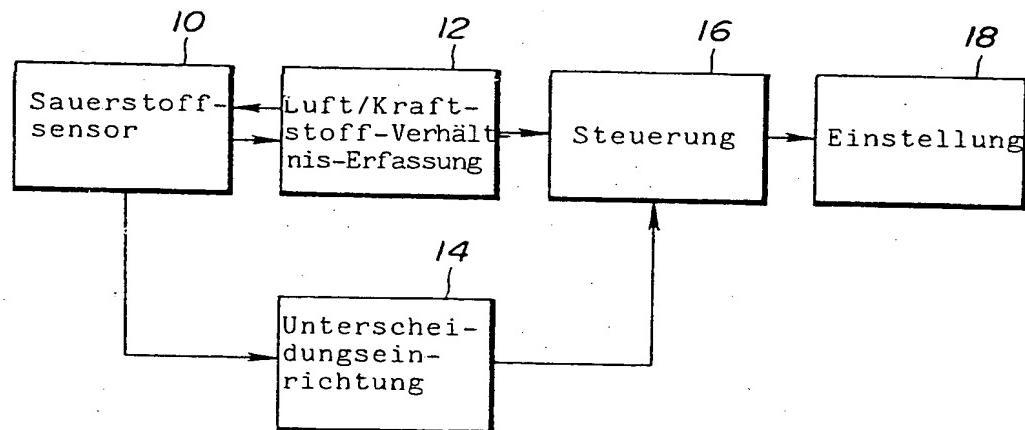
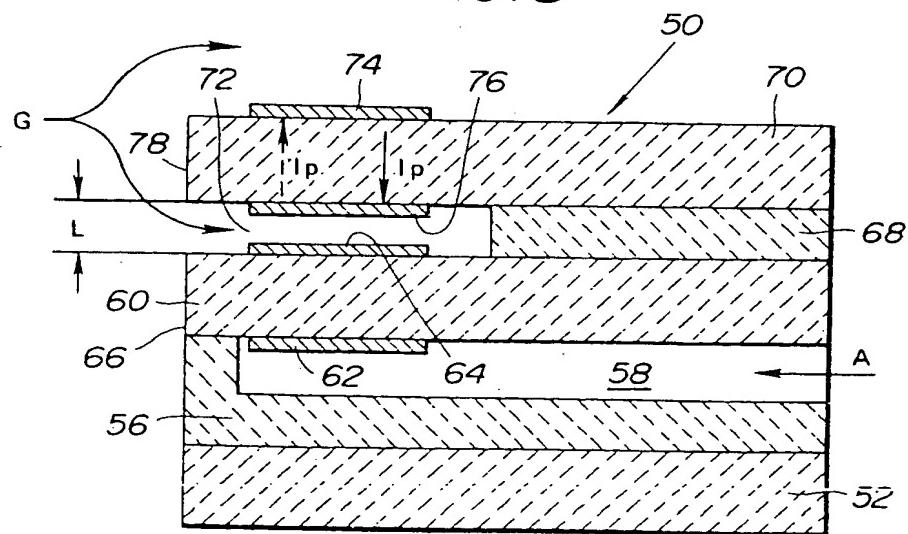


FIG. 3



## Patentansprüche

1. Regelsystem zur Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses eines Luft-Kraftstoff-Gemisches, das einem Verbrennungsmotor zugeführt wird, mit: einem Sauerstoffsensor (50), der in einem Abgaskanal (28) des Verbrennungsmotors (20) angeordnet ist und eine erste Feststoff-Elektrolytzelle (66) mit einer Sauerstoffionen leitenden Feststoff-Elektrolytschicht (60), die mit einer Referenzelektrode (62) an ihrer einen Seite und einer Meßelektrode (64) an ihrer gegenüberliegenden Seite versehen ist, eine Steuereinrichtung (56, 58) zur Aufrechterhaltung einer Referenz-Gasatmosphäre mit einem gegebenen Sauerstoffanteil derart, daß die Referenzelektrode (62) dieser Referenz-Gasatmosphäre ausgesetzt ist, eine Anordnung (68, 72) zur Festlegung eines Raumes (72), der einen begrenzten Zugang für die Abgase zu der Meßelektrode (64) schafft, und eine zweite Feststoff-Elektrolytzelle (78) mit einer Sauerstoffionen leitenden Feststoff-Elektrolytschicht (70) aufweist, die mit einem Paar Elektroden (74, 76) in derartiger Anordnung versehen ist, daß ein von außen zugeführter Pumpstrom ( $I_p$ ) durch die Feststoff-Elektrolytschicht (70) fließt, um durch diese hindurch eine Wanderung von Sauerstoffionen zu veranlassen und dadurch eine Änderung des Sauerstoff-Partialdruckes in dem Raum (72) zu bewirken; einer Erfassungseinrichtung (80) zur Zuführung des Pumpstromes ( $I_p$ ) zu der zweiten Feststoff-Elektrolytzelle (78) unter Regelung des Pumpstromes ( $I_p$ ) derart, daß die Ausgangsspannung ( $V_s$ ) der ersten Feststoff-Elektrolytzelle (66) gleich einem Sollwert ( $V_s$ ) ist, der dem gewünschten Sauerstoff-Partialdruck in dem Raum (72) entspricht, und zur Erzeugung eines Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Signals ( $V_i$ ), das die Größe des geregelten Pumpstromes ( $I_p$ ) angibt, und einer Steuereinrichtung (100) zur Erzeugung und Abgabe eines Steuersignals ( $S_i$ ) für das Luft/Kraftstoff-Mischungsverhältnis aufgrund des Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Signals ( $V_i$ ), dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (100) eine Unterscheidungseinrichtung (14) zum Unterscheiden, ob die Ausgangsspannung ( $V_i$ ) der ersten Feststoff-Elektrolytzelle (66) innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches ( $V_{min}$  bis  $V_{max}$ ) liegt, der den Sollwert ( $V_s$ ) enthält, und eine Unterbrechungseinrichtung (in 16) zur Unterbrechung der Abgabe des Steuersignals ( $S_i$ ) für das Luft/Kraftstoff-Mischungsverhältnis aufgrund des Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Signals ( $V_i$ ), wenn diese Ausgangsspannung ( $V_i$ ) außerhalb dieses vorgegebenen Toleranzbereiches ( $V_{min}$  bis  $V_{max}$ ) liegt.
2. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterscheidungseinrichtung (14) die Ausgangsspannung ( $V_i$ ) periodisch prüft und die Unterbrechungseinrichtung (in 16) die Unterbrechung der Abgabe des Steuersignals ( $S_i$ ) für das Luft/Kraftstoff-Mischungsverhältnis beendet, wenn die Ausgangsspannung ( $V_i$ ) aufeinanderfolgend während eines Zeitraumes ( $T$ ), der länger ist als eine vorgegebene Zeitdauer ( $T_h$ ), in diesem vorgegebenen Toleranzbereich ( $V_{min}$  bis  $V_{max}$ ) liegt.
3. Regelsystem nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch einen die Temperatur des Verbren-

nungsmotors (20) erfassenden Sensor (40), wobei die Steuereinrichtung (100) außerdem ein die Erfassung der Sauerstoffkonzentration erstmals veranlassendes Startsignal ( $S_c$ ) nach Ablauf einer variablen Zeitdauer ( $T_{st}$ ) vom Anlassen des Verbrennungsmotors aus abgibt, wobei diese variable Zeitdauer ( $T_{st}$ ) kürzer ist, wenn die erfaßte Temperatur ( $T_w$ ) höher ist, und außerdem die Zuführung des Pumpstromes ( $I_p$ ) zu der zweiten Feststoff-Elektrolytzelle (78) in dem Sauerstoffsensor (50) sperrt, bis das Startsignal ( $S_c$ ) abgegeben wird.

4. Regelsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (100) außerdem mit einem Sensor (32) mit dem die Luft-Durchflußrate zu dem Verbrennungsmotor (20) zu erfassen ist, und mit einem weiteren Sensor (38) verbunden ist, mit dem die Drehzahl ( $N$ ) des Verbrennungsmotors (20) zu erfassen ist, wobei die Steuereinrichtung (100) die variable Zeitdauer ( $T_{st}$ ) verkürzt, wenn die erfaßte Luft-Durchflußrate und die erfaßte Drehzahl ( $N$ ) jeweils niedriger als ein bestimmter Wert sind.

5. Regelsystem nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Sauerstoffsensor (50) außerdem ein Heizelement (54) aufweist und die Steuereinrichtung (100) außerdem ein Startsignal ( $S_h$ ) für die Energiezuführung zu dem Heizelement (54) nach dem Anlassen des Verbrennungsmotors (20) vor der Abgabe des Startsignals ( $S_c$ ) abgibt.

6. Regelsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (100) einen Mikrocomputer umfaßt.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Regelsystem der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Art.

Bei einem solchen, in der DE-OS 35 15 588 beschriebenen Regelsystem wird innerhalb des Sauerstoffsensors der Pumpstrom jeweils so geregelt, daß die Differenz zwischen der Ausgangsspannung der ersten Feststoff-Elektrolytzelle und dem Sollwert für diese Ausgangsspannung gleich Null ist. Ist diese Differenz jeweils gleich Null, so gibt die Größe des dann zugeführten Pumpstromes die jeweils erfaßte Sauerstoffkonzentration bzw. das jeweils vorliegende Luft/Kraftstoff-Verhältnis an. Dieses so erzeugte Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Signal, das der Größe des jeweils zugeführten Pumpstromes entspricht, kann daher zur Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses des dem Verbrennungsmotor jeweils zugeführten Luft/Kraftstoff-Gemisches benutzt werden.

Andererseits hat sich jedoch gezeigt, daß auch bei diesen Sauerstoffsensoren insbesondere bei noch nicht ausreichenden Betriebstemperaturen die Verhältnisse von der Differenz zwischen der Ausgangsspannung und der Sollspannung und dem Pumpstrom einerseits sowie diesem und dem tatsächlich vorliegenden Luft/Kraftstoff-Verhältnis sich noch nicht auf ihre richtigen Werte stabilisiert haben. Die Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in einer geschlossenen Regelschleife würde daher zu einem schlechten Betriebsverhalten des Verbrennungsmotors und einem unerwünschten Schadstoffausstoß führen. Würde andererseits eine feste Zeitspanne vorgegeben, die nach dem Anlassen des Verbrennungsmotors erst verstreichen müßte, um eine mit Sicherheit einwandfreie Regelung erwarten zu können, müßte bei einer Vielzahl von Betriebszuständen des

Verbrennungsmotors noch auf eine optimale Regelung verzichtet werden, obwohl diese aufgrund der tatsächlich herrschenden Betriebszustände bereits ausführbar wäre.

Aus der US-PS 43 99 792 ist es bekannt, daß die Betriebsbereitschaft eines Sauerstoffsensors von vorbestimmten Zeit- und Temperaturbedingungen nach dem Anlassen eines Verbrennungsmotors sowie vom inneren Widerstand des Sauerstoffsensors abhängig ist. Bei einem Regelsystem zur Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses eines einem Verbrennungsmotor zuführenden Luft-Kraftstoff-Gemisches findet daher bei fehlender Betriebsbereitschaft des Sauerstoffsensors eine Steuerung und erst nach Erreichen der Betriebsbereitschaft eine Regelung mit geschlossener Regelschleife statt.

Aus der DE-OS 33 19 432 ist es bekannt, die Betriebsbereitschaft eines Sauerstoffsensors dann als gegeben anzunehmen, wenn eine mit der Ausgangsspannung des Sauerstoffsensors in Zusammenhang stehende Spannung innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegt.

Diese bekannten Sauerstoffsensoren unterscheiden sich hinsichtlich ihres Aufbaues und auch hinsichtlich der Erzeugung ihrer Ausgangsspannung, die das jeweils herrschende Luft/Kraftstoff-Verhältnis angibt, grundsätzlich von den bei dem gattungsgemäßen Regelsystem benutzten Sauerstoffsensoren.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Regelsystem der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Art so weiterzubilden, daß die tatsächliche Betriebsbereitschaft des Sauerstoffsensors bei ihrem Eintreten ohne Zeitverzug festgestellt wird.

Bei einem Regelsystem der genannten Art ist diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Durch Festlegen eines Toleranzbereiches, in dessen Mitte etwa der Sollwert der Ausgangsspannung der ersten Feststoff-Elektrolytzelle liegt, kann durch einfachen Vergleich der jeweils auftretenden Ausgangsspannung mit diesem Toleranzbereich festgestellt werden, ob der Sauerstoffsensor seine Betriebsbereitschaft bereits erreicht hat oder nicht. Solange die Betriebsbereitschaft noch nicht erreicht ist, unterbricht die Unterbrechungseinrichtung die Abgabe des Steuersignals, das aufgrund des Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Signals erzeugt wird, das wiederum die Größe des der zweiten Feststoff-Elektrolytzelle gerade zugeführten Pumpstromes entspricht. Solange die Abgabe dieses Steuersignals unterbrochen wird, kann in üblicher Weise ein nicht aufgrund der Regelung erzeugtes anderes Steuersignal einer Kraftstoffzuführungseinrichtung des Verbrennungsmotors zugeführt werden, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis bei offener Regelschleife z. B. aufgrund von Erfahrungswerten zu steuern.

Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung erläutert. Im einzelnen zeigt:

Fig. 1 ein Blockdiagramm, das den grundsätzlichen Aufbau eines Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Regelsystems nach der Erfindung zeigt,

Fig. 2 eine schematische Verdeutlichung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung, die ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Regelsystem für ein Kraftfahrzeug illustriert,

Fig. 3 ein schematischer Querschnitt durch einen Sauerstoffsensor, der in dem Regelsystem nach Fig. 2 ver-

wendet wird,

Fig. 4 eine Explosionsdarstellung des Sauerstoffsensors nach Fig. 3,

Fig. 5 ein vereinfachtes Schaltbild eines Anzeigeschaltkreises des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, der in dem System nach Fig. 2 eingesetzt wird,

Fig. 6 eine graphische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Motor nach Fig. 2 und einem Spannungssignal zeigt, das in dem Schaltkreis nach Fig. 5 erzeugt wird,

Fig. 7 ein Flußdiagramm, das ein in der Steuereinrichtung des Systems nach Fig. 2 gespeichertes Ablaufprogramm für die Bestimmung des Zeitpunktes des Starts der Erfassung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses bei Anwendung des Sauerstoffsensors wiedergibt, und

Fig. 8 ein Flußdiagramm, das ein weiteres in der gleichen Steuereinrichtung gespeichertes Ablaufprogramm für die Bestimmung des Zeitpunktes des Starts der Regelung mit geschlossener Regelschleife für die Kraftstoffzuführung in den Motor wiedergibt.

Die funktionalen Verbindungen zwischen den prinzipiellen Bestandteilen des Regelsystems für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis sind in Fig. 1 gezeigt. Ein in diesem System eingesetzter Sauerstoffsensor 10 verwendet einen Sauerstoffionen leitenden festen Elektrolyten und enthält eine Sensorzelle, die als Sauerstoff-Konzentrationszelle und als Sauerstoff-Pumpzelle wirkt, die durch die Anwendung eines Stromes betätigt wird, um die Sauerstoffkonzentration in einer Kammer zu regulieren, der die Meßelektrode der Sensorzelle ausgesetzt ist. Der Sauerstoffsensor 10 ist im Abgassystem des Verbrennungsmotors, in dem das Luft/Kraftstoff-Verhältnis gesteuert werden soll, angeordnet.

Der Sauerstoffsensor 10 ist einer Erfassungseinheit 12 für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis zugeordnet, das eine Stromquelle enthält, um einen gesteuerten Pumpstrom der Pumpzelle des Sauerstoffsensors 10 zur Verfügung zu stellen, um die Ausgangsspannung der Sensorzelle auf einem vorgegebenen Wert zu halten, und enthält ferner eine Erfassungseinrichtung, um ein dem Luft/Kraftstoff-Verhältnis entsprechendes Signal zu erzeugen, das auf der Größe des Pumpstromes basiert. Außerdem besitzt die Erfassungseinheit 12 eine Vergleichseinrichtung, um Abweichungen der Ausgangsspannung des Sauerstoffsensors 10 von dem vorerwähnten, bestimmten Wert zu erfassen. Eine Unterscheidungseinrichtung 14 nimmt ebenfalls die Ausgangsspannung des Sauerstoffsensors 14 auf, um ein Signal zu erzeugen, das anzeigt, ob die Ausgangsspannung des Sensors innerhalb eines bestimmten Bereiches liegt oder nicht. Eine Steuereinheit 16 nimmt das dem Luft/Kraftstoff-Verhältnis entsprechende Signal von der Erfassungseinheit 12 zusammen mit demjenigen Signal auf, das durch die Unterscheidungseinrichtung 14 erzeugt wurde, und wenn das letztere Signal anzeigt, daß die Ausgangsspannung des Sauerstoffsensors 10 sich innerhalb eines vorgegebenen Bereiches befindet, erzeugt entweder ein Kraftstoffzuführungs-Steuersignal oder ein Luftzuführungs-Steuersignal, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis im Motor so zu regeln, daß es dem bestimmten Verhältnis auf der Grundlage des Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Signales aus der Erfassungseinheit 12 entspricht. Das in der Steuereinheit 16 erzeugte Signal wird einer elektromechanischen Einrichtung 18 zur genauen Variation der Zuführungsrate von Kraftstoff oder Luft zum Motor zugeführt.

Als ein Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 2 einen Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotor 20, der mit einem Regel-

system für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis versehen ist, das seinen Zweck durch Steuerung der Kraftstoffzuführungsrate zum Motor erreicht: In üblicher Weise erstreckt sich ein Einlaßkanal 22 von einem Luftreiniger 24 zur Verbrennungskammer des Motors 20, in die elektromagnetisch betäigte Kraftstoff-Einspritzdüsen 26 münden. In einem Abgaskanal 28 wird ein Zwischenabschnitt durch einen katalytischen Konverter 30 zur Reinigung des Abgases durch einen geeigneten Katalysator, wie z. B. einen Dreiwegekatalysator, eingenommen.

In dem Einlaßkanal 22 ist ein Luft-Durchflußmesser 32, der ein Signal erzeugt, das die Luftdurchgangsrate  $Q_a$ , die dem Motor zugeführt wird, angibt. Ein Sensor 36 ist mit der Drosselklappe 34 gekoppelt, um ein Signal zu erzeugen, das dem Öffnungsgrad  $C_d$  der Drosselklappe 4 entspricht. Ein Kurbelwinkelsensor 38 ist vorgesehen, um ein Signal zu erzeugen, das der Motordrehzahl  $N$  entspricht. In einem Kühlwassermantel ist ein Temperatursensor 40 angeordnet, um ein Signal zu erzeugen, das die Kühlwassertemperatur  $T_w$  angibt.

Ein Sauerstoffsensor 50 ist in dem Abgaskanal 28 in einem Abschnitt stromauf des katalytischen Konverters 30 angeordnet, um das tatsächliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis in der Verbrennungskammer aus der Sauerstoffkonzentration im Abgas zu bestimmen. Wie bereits anhand von Fig. 1 erwähnt, ist der Sauerstoffsensor 50 eine Kombination aus einer Sensorzelle, die eine Ausgangsspannung  $V_s$  erzeugt, und einer Sauerstoffionen-Pumpenzelle. Ein Erfassungsschaltkreis 80 des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, der der Erfassungseinheit 12 in Fig. 1 entspricht, liefert einen gesteuerten Pumpstrom  $I_p$ , zu der Pumpenzelle des Sauerstoffsensors 50 in Abhängigkeit von einem Startsignal  $S_0$ , das von einer Steuereinrichtung oder -einheit 100 ausgegeben wird. Der Schaltkreis 80 enthält einen Komparatorschaltkreis, um die Ausgangsspannung  $V_s$  des Sauerstoffsensors 50 mit einer vorgegebenen Spannung  $V_r$  als Sollwert zu vergleichen sowie einen Stromerfassungsschaltkreis, der einen Spannungssignal  $V_i$  erzeugt, das die Größe des Pumpstromes  $I_p$  angibt. Das Regelsystem für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis nach Fig. 2 weist die Steuereinheit 100 auf, in der die Unterscheidungseinrichtung 14 und die Steuereinheit 16, die in Fig. 1 gezeigt sind, integriert sind. Diese Steuereinheit 100 bildet einen Mikrocomputer, bestehend aus einer zentralen Verarbeitungseinheit (CPU) 102, einem Festwertspeicher (ROM) 104, einem Direktzugriffsspeicher (RAM) 106 und einer Eingabe/Ausgabe-Einheit (I/O) 108. Der Festwertspeicher 104 speichert Arbeitsprogramme der zentralen Verarbeitungseinheit 102. Der Direktzugriffsspeicher 106 speichert verschiedene Daten, die in Operationen der zentralen Verarbeitungseinheit 102 verwendet werden. Einige von ihnen haben die Form eines Schaubildes oder einer Tabelle. Die Signale, die durch die obenerwähnten Sensoren 32, 36, 38 und 40 erzeugt werden, werden in die Eingabe/Ausgabe-Einheit 108 zusammen mit den Spannungssignalen  $V_s$  und  $V_i$ , die von dem Erfassungsschaltkreis 80 für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis kommen, eingegeben. Auf der Grundlage dieser Arbeitsbedingungen des Motors charakterisierenden Informationen, die aus diesen Eingangssignalen ableitbar sind, erzeugt die Steuereinheit 100 ein Steuersignal  $S_e$  für die Kraftstoffeinspritzung an den Kraftstoffeinspritzdüsen 26, um das beabsichtigte Luft/Kraftstoff-Verhältnis einzustellen. Außerdem gibt die Steuereinheit 100 das obenerwähnte Startsignal  $S_0$  zu einem geeigneten Zeitpunkt an den Erfassungsschaltkreis 80 für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis, so daß von diesem Zeitpunkt an

der Sauerstoffsensor 50 zur Abschätzung des tatsächlichen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses nur unter geeigneten Bedingungen verwendet wird. Außerdem erzeugt die Steuereinheit 100 unter speziellen Bedingungen ein Steuersignal, genannt Heizsignal  $S_h$ , und ein Verstärker 110 verstärkt das Heizsignal  $S_h$  zu einer Heizspannung  $V_h$ , die an den Heizkörper angelegt wird, der in dem Sauerstoffsensor 50 enthalten ist.

Der Aufbau des Sauerstoffsensors 50 ist in den Fig. 3 10 und 4 dargestellt. Dieser Sauerstoffsensor 50 ist eine mehrschichtige Anordnung dünner Schichten einschließlich eines Schichtträgers 52 aus keramischem Material, wie z. B. aus Aluminiumoxid. Wie in Fig. 4 15 gezeigt, ist ein Heizelement 54, verbunden mit Leitungen 55, dem Schichtträger 52 zugeordnet oder in diesen eingebettet. Auf dem Schichtträger 52 ist eine weitere Keramikplatte 56 angeordnet, die in ihrer Oberfläche mit einer flachen Ausnehmung 58 versehen ist, um auf diese Weise an drei Seiten hervorstehende Randabschnitte zu schaffen. Eine erste Platte 60 aus festem Elektrolyten, der Sauerstoffionen leitet, wie z. B. aus Zirkonium, verstärkt mit Kalzium oder Yttrium, ist fest mit der Keramikplatte 56 verbunden, so daß die Ausnehmung 58 der Platte 56 zu einer Kammer wird, die nur 20 an einer Seite der rechteckigen Anordnung zur Atmosphäre hin offen ist. Die Bodenfläche der Feststoffelektrolytplatte 60 ist lokal mit einer Anodenschicht 62 belegt, die der Luft, die in die Kammer 58 hineingebracht wird, ausgesetzt wird. Die Oberseite der Feststoffelektrolytplatte 60 ist lokal mit einer Kathodenschicht 64 belegt. Eine Abstandsplatte 68 ist mit der Feststoffelektrolytplatte 60 verbunden, so daß sie ungefähr die Hälfte der Fläche der Feststoffelektrolytplatte 60 außerhalb 25 der Kathodenschicht 64 bedeckt. Üblicherweise beträgt die Dicke  $L$  der Abstandsplatte 68 ungefähr 0,1 mm. Eine zweite Platte 70 aus einem Feststoffelektrolyten, der die Sauerstoffionen leitet, ist auf die Abstandsplatte 68 aufgeklebt, so daß sie parallel zu der ersten Feststoffelektrolytplatte 60 dieser gegenüberliegt. Die Bodenfläche der zweiten Feststoffelektrolytplatte 70 ist lokal mit einer Kathodenschicht 76 bedeckt, die einem Spalt 72 (siehe Fig. 3) zugewandt und in diesem angeordnet ist. Eine Anodenschicht 74 ist an der Oberseite derselben Feststoffelektrolytplatte 70 ausgebildet. Wie in Fig. 4 30 gezeigt ist, erstrecken sich von der Anode 74 und der Kathode 76 jeweils Leitungen 75 und 77.

Beim Gebrauch dieses Sauerstoffsensors 50 in dem Regelsystem für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis nach Fig. 2 ist der Sensor in dem Abgaskanal 28 derart angeordnet, daß das Abgas, in Fig. 3 durch die Pfeile  $G$  35 angedeutet, in den Spalt 72 zwischen den zwei Feststoffelektrolytplatten 60 und 70 eintritt, während nur die Luft  $A$  (oder ein anderes, sauerstoffhaltiges Referenzgas) in die Kammer 58 eingeführt wird. Die Kombination der ersten Feststoffelektrolytplatte 60 und der Anoden- und Kathodenschichten 62 und 64 dienen als Sauerstoff-Konzentrationszelle, die eine veränderliche elektromotorische Kraft oder Spannung  $V_s$  entsprechend der Differenz im Sauerstoffpartialdruck zwischen der Luft an der Anodenseite und dem Gas  $G$ , das an der Kathodenseite vorhanden ist, erzeugt. In der nachfolgenden Beschreibung wird diese Kombination als Sensorzelle 66 bezeichnet.

Die Kombination der zweiten Feststoffelektrolytplatte 70 und der Anoden- und Kathodenschichten 74 und 76 in dem Sauerstoffsensor 50 wird als Pumpenzelle 78 bezeichnet. Wenn ein von außen zugeführter Gleichstrom  $I_p$  quer durch die Feststoffelektrolytplatte 70 von

der Anode 74 zur Kathode 76 fließt, tritt eine Wanderung der Sauerstoffionen durch die Feststoffelektrolytplatte 70 von der Kathodenseite in Richtung zur Anodenseite auf. Daher führt der Stromfluß  $I_p$  in solch einer Richtung zu einer Herauslösung von Sauerstoff aus dem Gas G, das in dem Spalt 72 vorhanden ist. Somit funktioniert die Pumpenzelle 78 als Sauerstoffionenpumpe. Wegen der geringen Spaltbreite L, wird dem Eindringen des Abgases G in den Spalt 72 ein beträchtlicher Widerstand entgegengesetzt. Daher ist der Übergang von Sauerstoff aus dem Spalt 72 heraus oder in den Spalt 72 hinein unter der Wirkung der Pumpenzelle 78 tatsächlich wirksam, um den Sauerstoff-Partialdruck innerhalb des Spaltes 72 zu variieren. Aus diesem Grund kann die Größe der Ausgangsspannung  $V_s$  der Sensorzelle 66 durch die Steuerung des Pumpenstromes  $I_p$  variiert werden.

Das Heizelement 54 ist in dem Sauerstoffsensor 50 vorgesehen, um sowohl die erste als auch die zweite Feststoffelektrolytschicht 60 und 70 zu erwärmen, wenn die Abgastemperatur nicht genügend hoch ist, da das Feststoffelektrolytmaterial, das in dem Sauerstoffsensor 50 verwendet wird, nur bei entsprechend erhöhten Temperaturen verwertbar aktiv ist.

Fig. 5 verdeutlicht den Aufbau eines Erfassungsschaltkreises 80 für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Regelsystem nach Fig. 2. Der Erfassungsschaltkreis 80 enthält eine Gleichstromquelle 82, die eine Sollspannung  $-V_s$  erzeugt. Ein Differenzverstärker 84 vergleicht die Ausgangsspannung  $V_s$  der Sensorzelle 66 des Sauerstoffsensors 50 mit der Sollspannung  $-V_s$  und erzeugt ein Spannungssignal  $\Delta V$ , das die Differenz  $V_s - (-V_s)$  angibt. Es ist eine Stromerzeugungsschaltung 86 vorgesehen, um den Pumpstrom  $I_p$  der Pumpenzelle 78 des Sauerstoffsensors 50 zur Verfügung zu stellen. Diese Stromerzeugungsschaltung 86 nimmt die Ausgangsspannung  $\Delta V$  des Differenzverstärkers 84 auf und ändert die Polarität und die Größe des Pumpstromes  $I_p$ , um die Differenzspannung  $\Delta V$  durch die Wirkung der Pumpenzelle 78 zum Verschwinden zu bringen. Genauer gesagt, wirkt die Stromerzeugungsschaltung 86 so, daß der Pumpstrom  $I_p$  ansteigt, wenn die Differenzspannung  $\Delta V$  positiv ist, und der Pumpstrom  $I_p$  vermindert wird, wenn die Differenzspannung  $\Delta V$  negativ ist. In Fig. 5 ist der Pumpstrom  $I_p$  positiv, wenn er in Richtung des in voller Linie dargestellten Pfeiles fließt, und negativ, wenn er in Richtung des in unterbrochener Linie dargestellten Pfeiles fließt. Im Strompfad des Pumpstromes  $I_p$  liegt ein Analogschalter 88 und ein Widerstand 90. Der Analogschalter 88 ist normalerweise offen und schließt, wenn das Startsignal  $S_c$  von der Steuereinheit 100 angelegt wird. Der Widerstand 90 wird verwendet, um die Größe des Pumpstromes  $I_p$  durch eine Stromerfassungsschaltung 92 aufzunehmen, die ein Spannungssignal  $V_i$  erzeugt, das dem Spannungsabfall über dem Widerstand 90 proportional ist. Natürlich ist das Spannungssignal  $V_i$  proportional dem Pumpstrom  $I_p$ . Der Erfassungsschaltkreis 80 für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis enthält einen Trennverstärker 94, über den die Ausgangsspannung  $V_s$  des Sauerstoffsensors 50 der Steuereinheit 100 zugeführt ist.

In dem Erfassungsschaltkreis 80 für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis wird die Sollspannung  $-V_s$  auf einen solchen Wert festgelegt, daß die Ausgangsspannung  $V_s$  des Sauerstoffsensors 50 dann gleich der Sollspannung  $-V_s$  ist, wenn die Konzentration des Sauerstoffs in dem Gas innerhalb des Spaltes 72 des Sauerstoffsensors 50 so ist, wie das bei einem gewünschten Luft/Kraftstoff-

Verhältnis erwartet wird oder, mit anderen Worten, wenn das Sauerstoff-Partialdruck-Verhältnis zwischen der Anode 62 und der Kathode 64 der Sensorzelle 66 wie erwartet ist. Da der Pumpstrom  $I_p$  so gesteuert ist, daß er die Differenzspannung  $\Delta V$  zwischen der Spannung  $V_s$  und der Referenzspannung  $-V_s$  zum Verschwinden bringt, wobei die Spannung  $V_s$  von der Referenzspannung  $-V_s$  durch Änderungen in der Sauerstoffkonzentration im Abgas G, das in den Spalt 72 hineingelangt, abweicht, ändert sich der Pumpstrom  $I_p$  oder die Vergleichsspannung  $V_i$ , die durch die Stromerfassungsschaltung 92 erzeugt wird, entsprechend dem tatsächlichen Luft/Kraftstoff-Verhältnis des dem Motor zugeführten Gemisches. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, gibt es eine definierte Beziehung zwischen dem Luft/Kraftstoff-Verhältnis und der Vergleichsspannung  $V_i$ , wobei das Luft/Kraftstoff-Verhältnis auf der Abszisse durch den Luftüberschußfaktor  $\lambda$  repräsentiert ist. Somit ist es durch Verwendung der Vergleichsspannung  $V_i$  möglich, genau und ständig das tatsächliche Luft/Kraftstoffverhältnis über einen weiten Bereich zu erfassen, der sowohl kraftstoffreiche Zustände als auch kraftstoffarme Zustände umfaßt.

Die Arbeitsweise der Steuereinheit 100 wird nachfolgend unter Hinweis auf die Fig. 7 und 8 wie auch auf Fig. 2 beschrieben.

Fig. 7 ist ein Flußdiagramm eines der Rechnerprogramme, die in dem Festwertspeicher 104 der Steuereinheit 100 gespeichert sind. Dieses Programm dient dem richtigen Startzeitpunkt für den Beginn der Erfassung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses. Dieses Programm ist einem Grundablauf zugeordnet und wird in unregelmäßigen Zeitabständen wiederholt abgearbeitet, in denen die Verarbeitung von Daten unterbrochen ist.

Im ersten Schritt P1 wird durch Prüfung, ob die Motordrehzahl N oberhalb eines bestimmten Wertes, in diesem Fall 400 U/min liegt, festgestellt, ob der Motor 20 bereits gestartet wurde oder nicht. Wenn die Drehzahl N 400 U/min nicht überschreitet, wird zum Schritt P2 übergegangen, wobei die Ausgabe eines Heizsignals  $S_h$  gestoppt wird oder der Ausgabestop beibehalten wird, wenn dieser bereits erfolgt war und anschließend zum Schritt P3 übergegangen, in dem die Ausgabe des Startsignals  $S_c$  gestoppt wird oder der Ausgabestop beibehalten wird und man anschließend in den Wartezustand zurückkehrt. Falls die Drehzahl über 400 U/min liegt, geht der Ablauf zum Schritt P4, in dem entschieden wird, ob das Heizsignal  $S_h$  gerade ausgegeben wird oder nicht. Falls dies nicht der Fall ist, wird die Ausgabe des Heizsignals  $S_h$  im Schritt P5 begonnen und zu diesem Zeitpunkt wird im nachfolgenden Schritt P6 die Kühlwassertemperatur  $T_w$  eingelesen. Im nächsten Schritt P7 wird ein Verweistabellenwert aufgenommen, der auf der Kühlwassertemperatur  $T_w$  basiert, um einen geeigneten Zeitpunkt  $T_{st}$  für den Beginn der Ausgabe des Startsignals  $S_c$  zu finden. Der Zeitpunkt  $T_{st}$  ist derjenige des Beginns der Erfassung der Sauerstoffkonzentration im Abgas G durch Anwendung des Sauerstoffsensors 50, und der Zeitpunkt  $T_{st}$  ist festgelegt als bestimmte Zeitspanne gerechnet vom Moment des Beginns der Ausgabe des Heizsignals  $S_h$ . Optimale Werte für den Zeitpunkt  $T_{st}$  entsprechen der Kühlwassertemperatur  $T_w$  und sind für den Startvorgang des Motors in Form einer Datentabelle gespeichert. Der Wert für  $T_{st}$  wird größer, wenn die Kühlwassertemperatur  $T_w$  niedriger ist.

Im nächsten Schritt P8 wird die Motordrehzahl N als

Basisgröße für die Kraftstoffeinspritzung  $T_p$  eingelesen. Die Basisgröße der Kraftstoffeinspritzung  $T_p$  wird durch ein getrenntes Programm (nicht dargestellt) nach der Gleichung

$$T_p = K \cdot Q_s / N$$

berechnet, wobei  $K$  eine Konstante und  $Q_s$  die Luftdurchflußrate im Einlaßkanal 22 ist.

Als nächster Schritt P9 wird ein Subtraktionswert  $T_{sub}$  aus einer Verweistafel ermittelt, der auf den Werten für die Drehzahl  $N$  und der Kraftstoffeinspritzung  $T_p$  aus dem Schritt P8 beruht und für jedes Zeitintervall eines gegebenen Zeitraumes von der vorher bestimmten Länge der Zeit  $T_{st}$  abgezogen werden soll. Der Subtraktionswert  $T_{sub}$  dient der Anwendung in einem anderen Programm, das anschließend beschrieben wird, wobei der Wert  $T_{sub}$  größer wird, wenn die Abgastemperatur höher ist und die Fließgeschwindigkeit des Abgases geringer ist. Für eine bestimmte Periode kurz nach dem Start des Motors ist dies so, weil der Abgasfluß einen Kühlleffekt auf den Sauerstoffsensor 50 anstelle eines Heizeffektes infolge der niedrigen Abgastemperatur ausübt und der Kühlleffekt ansteigt, wenn die Fließgeschwindigkeit erhöht ist.

Wenn im Schritt P4 entschieden wird, daß das Heizsignal  $S_h$  bereits ausgegeben wurde, springt der Programmablauf sofort auf den Schritt P8 vor, um im Schritt P9 aus der Verweistabelle den Subtraktionswert  $T_{sub}$  entsprechend den Arbeitsbedingungen des Motors zu bestimmen. Somit wird der Wert  $T_{sub}$  bei jeder Abarbeitung des Programms nach Fig. 7 festgelegt. Infolgedessen wird die Heizspannung  $V_h$  an das Heizelement in dem Sauerstoffsensor 50 angelegt, wenn die Temperatur nach Abschluß der Startstufe in der Motorbetätigung im Abgaskanal 28 ansteigt. Dies ist günstig für die Lebensdauer des Sauerstoffsensors 50, da eine scharfe Temperaturerhöhung lediglich des Sauerstoffsensors 50 (im Vergleich zur noch kühl bleibenden Umgebung) vermieden ist. Wenn das Heizelement in dem Sauerstoffsensor 50 schnell erwärmt wird, während die Temperatur des Abgases noch nicht genügend angestiegen ist, wird die Haltbarkeit des Sauerstoffsensors 50 durch lokale Ablösungen, z. B. des Heizelementes 54, von den benachbarten Oberflächen, verkürzt.

Fig. 8 ist ein Flußdiagramm für ein weiteres Programm, das in dem Festwertspeicher 104 gespeichert ist. Dieses Programm betrifft den Beginn der Rückmeldungssteuerung der Kraftstoffeinspritzung, um ein bestimmtes Luft/Kraftstoff-Verhältnis aufrechtzuerhalten. Dieses Programm wird in jedem Zeitabschnitt eines gegebenen Zeitrahmens abgearbeitet. Zum Beispiel kann das Programm einmal mit jeder Umdrehung der Motorwelle abgearbeitet werden.

Im Eingangsschritt P11 wird entschieden, ob das Startsignal  $S_c$  bereits ausgegeben wurde oder nicht. Wenn dies nicht der Fall ist, geht der Ablauf weiter zum Schritt P12, in dem der Startzeitpunkt  $T_{st}$  nach der Gleichung

$$T_{st} = T_{st'} - T_{sub}$$

berechnet wird, wobei  $T_{st'}$  die Zeitspanne ist, die bei der vorangegangenen Abarbeitung des Programmes bestimmt worden ist.

Im nächsten Schritt P12 wird geprüft, ob der Wert von  $T_{st}$  den Wert Null erreicht hat oder nicht. Wenn der Wert für  $T_{st}$  Null oder negativ ist, wird im Schritt P14

mit der Ausgabe des Startsignals  $S_c$  begonnen. Dann beginnt der Erfassungsschaltkreis 80 für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis den Pumpstrom  $I_p$ , dem Sauerstoffsensor 50 zuzuführen, so daß die Erfassung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses beginnt. Da das Feststoffelektrolytmaterial des Sauerstoffsensors 50 sowohl durch die Wärme des Abgases als auch durch die Wärme des Heizelements sich in einem vollständig aktivierte Zustand befindet, wird die anfängliche Größe des Pumpstromes  $I_p$  nicht übermäßig groß. Dies ist für die Lebensdauer des Sauerstoffsensors 50 wünschenswert. Bei herkömmlichen Regelsystemen mit einem Sauerstoffsensor beginnt die Zuführung des Pumpstromes zu dem Sauerstoffsensor gleichzeitig mit dem Start des Motors und daher bevor das Feststoffelektrolytmaterial einen aktiven Zustand annimmt. In solchen Fällen wird die anfängliche Größe des Pumpstromes übermäßig groß, so daß die Zerstörung der Pumpzelle innerhalb des Sauerstoffsensors beschleunigt wird. Wenn der Wert von  $T_{st}$  im Schritt P13 größer als Null ist, wird der Ablauf zum Anfangsschritt P11 zurückgesetzt, ohne zum Schritt P14 weiterzugehen und der Programmablauf vom Schritt P11 zum Schritt P13 wird wiederholt, bis der Wert von  $T_{st}$  Null oder negativ wird.

Falls das Startsignal  $S_c$  zum Zeitpunkt der Entscheidung im Schritt P11 bereits ausgegeben wurde, wird das Programm über die Schritte P15 bis P19 fortgesetzt, um eine Entscheidung herbeizuführen, ob eine richtige Korrelation zwischen dem Pumpstrom  $I_p$  und der Sauerstoffkonzentration im Gas innerhalb des Spaltes 72 in dem Sauerstoffsensor 50 bereits ausgebildet worden ist. Dieser Zusammenhang wird im folgenden als  $I_p$ -O<sub>2</sub>-Korrelation bezeichnet. Im Schritt P15 wird die Ausgangsspannung  $V_s$  des Sauerstoffsensors bestimmt. In den Schritten P16 und P17 wird die Ausgangsspannung  $V_s$  jeweils mit einem vorgegebenen Grenzwert  $V_{max}$  und mit einem weiteren vorgegebenen Grenzwert  $V_{min}$  verglichen. Die Vergleiche dienen der Entscheidung, ob die Ausgangsspannung  $V_s$  einen Wert annimmt, der innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs liegt, der auch den Sollwert  $-V_s$  als zentralen Wert enthält, oder nicht. Das heißt,  $V_{max}$  ist leicht höher als  $-V_s$  und  $V_{min}$  ist leicht kleiner als  $-V_s$ . Wenn  $V_s$  größer ist als  $V_{min}$  und niedriger als  $V_{max}$ , ist anzunehmen, daß der Ausgang des Sauerstoffsensors 50 sich stabilisiert hat. Wenn das so ist, wird der Ablauf bis zum Schritt P18 fortgesetzt, indem entschieden wird, ob ein Zeitraum  $T$ , in dem eine Bestätigung für die Stabilität des Ausgangs des Sauerstoffsensors 50 vorliegt, bereits ein vorgegebenes Kriterium der Dauer einer Zeitspanne  $T_h$  überschritten hat. Der Zeitraum  $T_h$  wird z. B. zwischen 0,1 sec und 10 sec festgelegt. Wenn der Zeitraum  $T$  länger ist als die Zeitspanne  $T_h$ , ist anzunehmen, daß die richtige  $I_p$ -O<sub>2</sub>-Korrelation bereits vorliegt. Dann wird der Ablauf zum Schritt P19 fortgesetzt, um die Rückmeldungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses durch Steuerung der Größe der Kraftstoffeinspritzung zu beginnen.

Wenn die Ausgangsspannung  $V_s$  im Schritt P16 nicht höher ist als der Wert  $V_{min}$  oder nicht geringer als der Wert  $V_{max}$  im Schritt P17, kann nicht angenommen werden, daß der Ausgang des Sauerstoffsensors 50 sich bereits stabilisiert hat. Dann geht der Programmablauf mit dem Schritt P20 weiter, um die rückführungslose Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses fortzusetzen. Wenn der Zeitraum  $T$  im Schritt P18 nicht länger ist als die Zeitspanne  $T_h$ , wird angenommen, daß die richtige  $I_p$ -O<sub>2</sub>-Korrelation sich noch nicht eingestellt hat, so daß

der Ablauf zum Schritt P20 erfolgt, um die rückführungslose Steuerung fortzusetzen.

In der vorbeschriebenen Weise führt das Regelsystem nach Fig. 2 für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis eine Reihe von vorbereitenden Operationen aus, um die Ausbildung der richtigen  $I_p$ -O<sub>2</sub>-Korrelation vor dem Start der Rückführungssteuerung für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis festzustellen. Die Rückführungssteuerung wird mit sehr hoher Genauigkeit sogar im Anfangsstadium der Steuerung durchgeführt, weil, wenn die Rückführungssteuerung einmal gestartet ist, stets eine genaue Information über das tatsächliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis erlangt werden kann. In dem Steuersystem für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis, das das vorbeschriebene Ablaufprogramm benutzt, kann die Entscheidung über die Ausbildung der richtigen  $I_p$ -O<sub>2</sub>-Korrelation genau innerhalb eines nahezu nicht reduzierbaren Zeitminimums nach dem Start der Motorbetätigung getroffen werden. Solche Funktionen dieses Steuersystems sind sehr wirksam zur Vermeidung einer Verschlechterung der Abgaszusammensetzung kurz nach dem Start des Motors und auch zur Verbesserung der Leistung und der Fahrfähigkeit des Motors.

Der Sauerstoffsensor für den Einsatz im Rahmen dieses Regelsystems ist nicht auf eine der Besonderheiten, die in den Fig. 3 und 4 gezeigt sind, begrenzt. Eine weite Auswahl kann unter herkömmlichen oder gegenwärtig entwickelten Sauerstoffsensoren getroffen werden, die einen für Sauerstoffionen leitfähigen festen Elektrolyten enthalten und eine Kombination einer Sauerstoff-Konzentrationszelle, die ein Referenzgas mit einem bestimmten Sauerstoffanteil enthält, mit einer Sauerstoffionen-Pumpenzele enthalten, an die ein gesteuerter Pumpstrom angelegt ist, um den Partialdruck des Sauerstoffs innerhalb eines begrenzten Raumes zu ändern, der einen Zugang zu einer Meßelektrode der Konzentrationszelle schafft.

Mechanisch können die zwei Zellen des Sauerstoffsensors in verschiedener Form aufgebaut sein und zu einer scheinbar einstückigen Vorrichtung integriert sein.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

FIG. 2

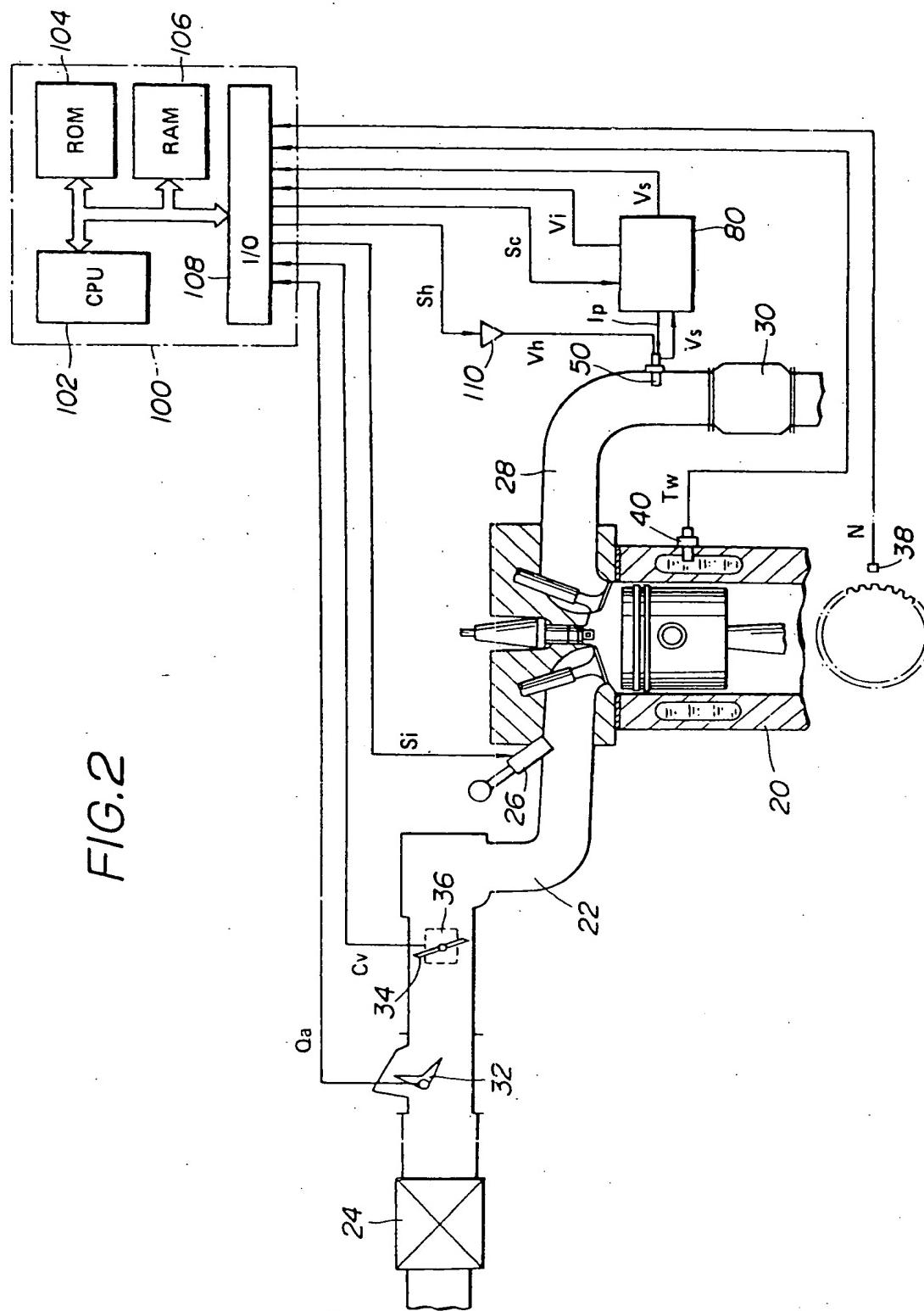


FIG.4

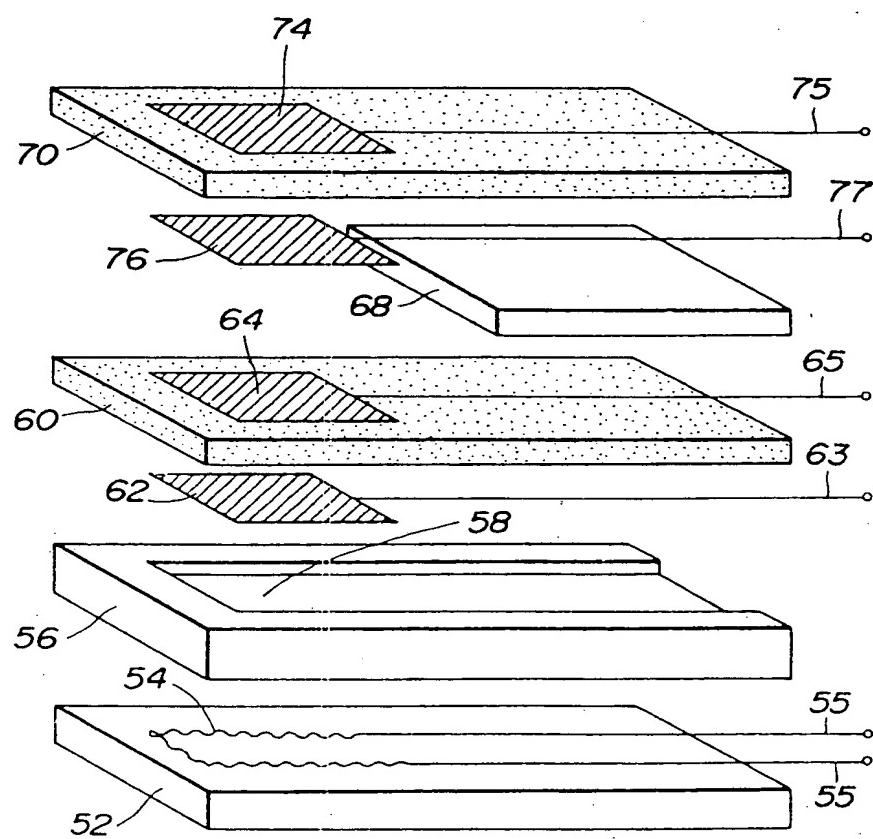


FIG.5

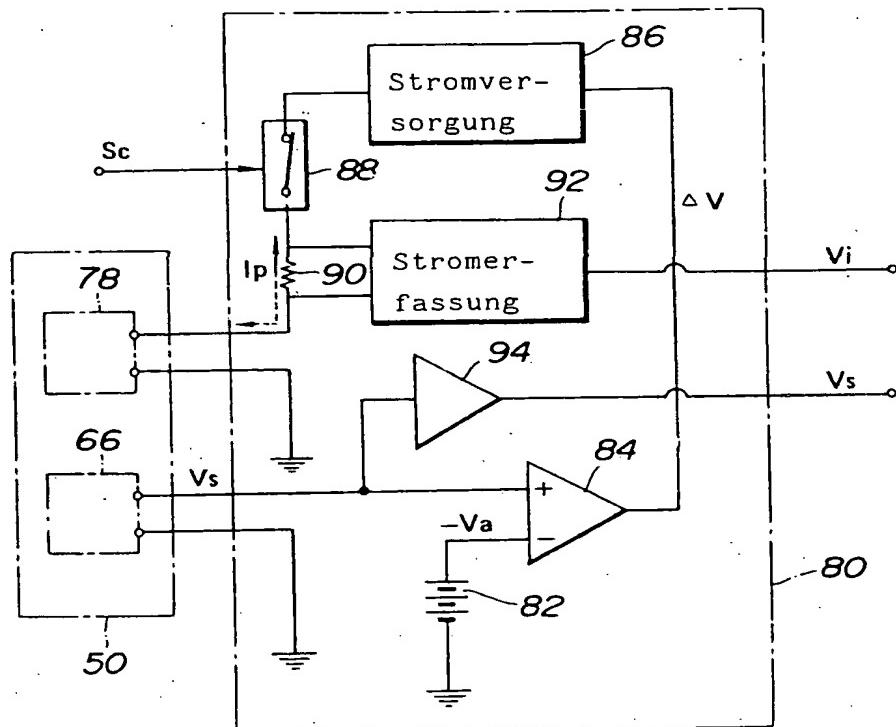


FIG.6

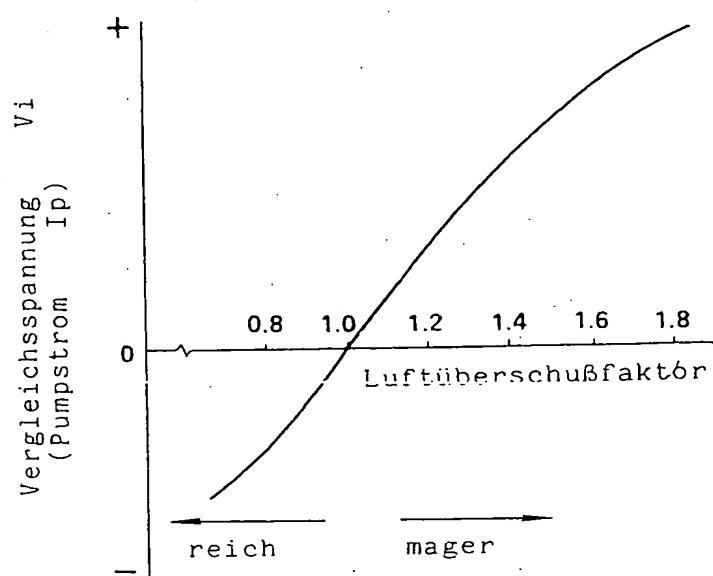


FIG. 7

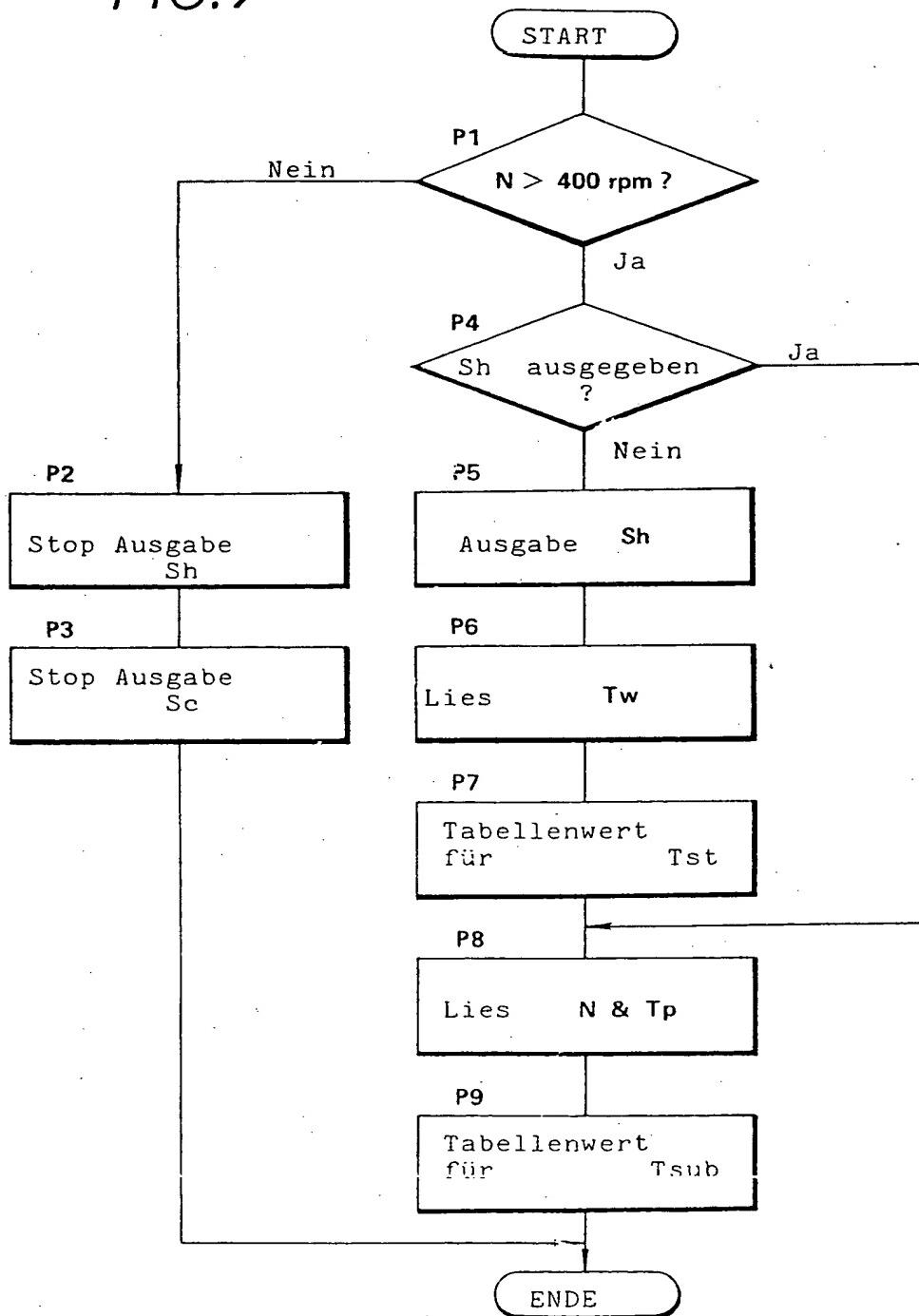
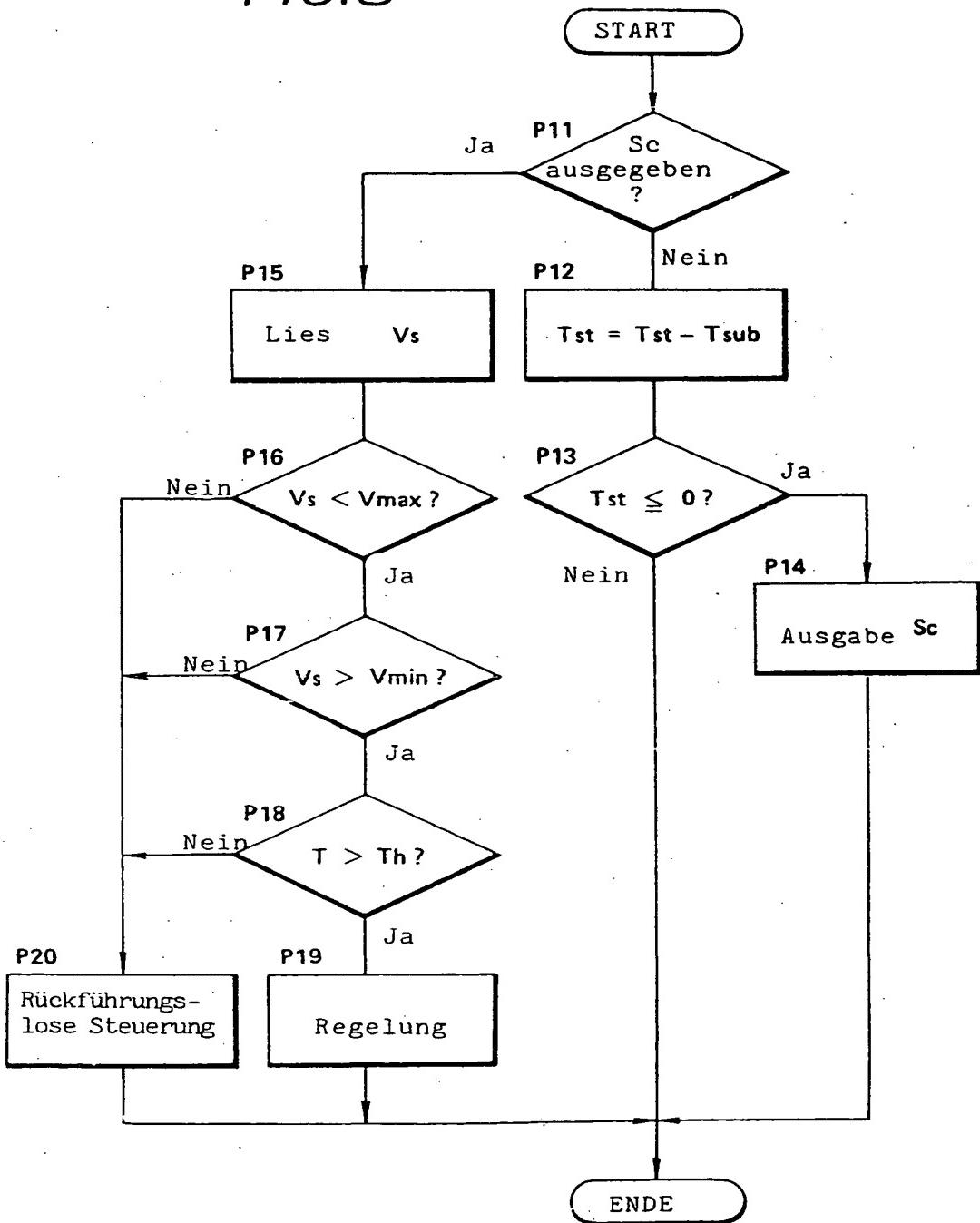


FIG.8



*This Page Blank (uspto)*

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

*This Page Blank (uspto)*